PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : G08B 29/18 — A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/67758**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01820

(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Juni 1999 (22.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 27 508.0 22. Juni 1998 (22.06.98) DE
198 39 047.5 28. August 1998 (28.08.98) DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: DAUMER, Martin [DE/DE]; Mönchbergstrasse 18, D-81825 München (DE).

(74) Anwalt: VERSCHT, Thomas, K.; Agnesstrasse 64, D-80797 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

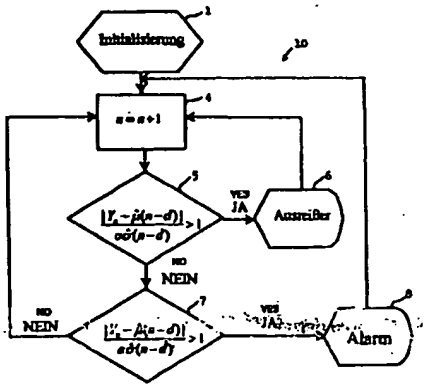
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING DRIFTS, JUMPS AND/OR OUTLIERS OF MEASUREMENT VALUES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG VON DRIFTEN, SPRÜNGEN UND/ODER AUSREISSERN VON MESSWERTEN

(57) Abstract

The invention relates to a method for detecting an alarm state of measurement signal values received via measurement value detection means, whereby an alarm state is triggered when at least one predetermined limiting value is exceeded for an actual received measurement signal value. According to the invention, a faster detection of an alarm situation with a simultaneously lower false alarm rate is carried out using the following steps. In a first step for temporally successive measurement signal values, the position parameter (2) thereof and a corresponding dispersion parameter (3) of these measurement signal values are calculated from the position parameter in an adjustable time window. In a second step, each other successive measurement signal value is compared with the position parameter (2) and weighted with the dispersion parameter (3) in order to obtain a respective evaluation quantity. In a third step, an outlier state (6) is detected when an evaluation quantity exceeds an adjustable outlier parameter, whereas when an evaluation quantity exceeds an adjustable alarm parameter, an alarm state (8) which indicates the existence of a significant drift or jump of the measurement signal values is detected.



$$\hat{\mu}(n)=\frac{1}{n}\sum_{\dots} Y_i \qquad (2)$$

$$\hat{\sigma}(n)=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{\dots}(Y_i-\hat{\mu}(n))^2} \qquad (3)$$

1 = INITIALIZATION
9 = OUTLIER

(57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Erkennung eines Alarmzustands von über Meßwerterfassungsmittel empfangenen Meßsignalwerten, wobei ein Alarmzustand ausgelöst wird, wenn für einen aktuell empfangenen Meßsignalwert wenigstens ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird, ergibt sich eine schnellere Erkennung einer Alarmsituation mit einer gleichzeitig geringeren Fehlalarmrate dadurch, daß in einem ersten Schritt für zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte in einem einstellbaren Zeitfenster, deren Lageparameter (2) und ein entsprechender Streuparameter (3) dieser Meßsignalwerte von dem Lageparameter berechnet wird, daß in einem zweiten Schritt jeder weitere nachfolgende Meßsignalwert zur Gewinnung einer jeweiligen Bewertungsgröße mit dem Lageparameter (2) verglichen und mit dem Streuparameter (3) gewichtet wird, und daß in einem dritten Schritt bei einer einen einstellbaren Ausreißerparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein Ausreißerzustand (6) detektiert wird, während bei einer einen einstellbaren Alarmparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein das Vorliegen eines signifikanten Drifts oder Sprungs der Meßsignalwerte indizierender Alarmzustand (8) detektiert wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Driften, Sprüngen und/oder Ausreißern von Meßwerten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Alarmzustands bzw. zur Erkennung von Driften, Sprüngen und/oder Ausßreißern von über Meßwerterfassungsmittel empfangenen Meßsignalwerten, wobei ein Alarmzustand ausgelöst wird, wenn für einen aktuell empfangenen Meßsignalwert bzw. für einen aus Meßwerten abgeleiteten Wert ein vorgegebener Grenzwert oder vorgegebene Intervallgrenzen überschritten wird bzw. werden. Als Beispiele für die äußerst zahlreichen Anwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens seien insbesondere auf dem Gebiet der Medizin die perioperative Überwachung, die Überwachung von Vitalparametern auf Intensivstationen, die Schlafüberwachung, CTG (Cardio-Tocographie), und auf anderen Gebieten Feuer- und Rauchwarnsysteme, akustische Überwachungssysteme, wie z. B. Babyphon, genannt.

Alarmsysteme bei intensivmedizinischen Monitoren, die typischerweise Herz-Kreislaufparameter (EKG, Blutdruck), Sauerstoffsättigung (SpO2), Gasaustausch und Stoffwechselparameter als auch EEG und EMG online darstellen und analysieren, sollen die Aufmerksamkeit des behandelnden Arztes oder Krankenpflegers auf potentiell lebensbedrohliche Bedingungen für den überwachten Patienten lenken. Ein ideales Alarmsystem würde sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen, die alle beim Stand der Technik nicht optimal verwirklicht sind:

1. Geringe Fehlalarmrate, um den unerwünschten Effekt der Gewöhnung an die Alarmsituation zu vermeiden und um der Neigung zum Desaktivieren des oft als störend empfundenen Alarms entgegenzuwirken.

2. Kurze Verzögerungszeiten zwischen Anbahnung einer kritischen Situation und der Auslösung des Alarms, um einen unter Umständen lebenswichtigen Zeitvorsprung für therapeutische Eingriffe zu gewährleisten.

3. Hohes Maß an Adaptionsvermögen, um zu vermeiden, daß allzuviele Parameter von Hand voreingestellt und während der Behandlung nachgestellt werden müssen, und damit von der eigentlichen Überwachungsaufgabe ablenken. Insbesondere sollen mehrere mit gewissem Zeitabstand aufeinanderfolgende Alarmsitutationen erkannt werden können.

4. Hohes Maß an Aussagekraft der einstellbaren Parameter, um zu gewährleisten, daß das Alarmsystem auch leicht und fehlerfrei bedienbar ist.

5. Größtmögliche Einfachheit und damit größtmögliche Rechengeschwindigkeit, um aufwendige Rechnungen zu vermeiden, die nur mit teuren Prozessoren und Speicherelementen durchführbar wären, und um etwaige Rechenzeitbeschränkungen zu umgehen.

6. Große Aussagekraft, um differenzierte Reaktionen zu ermöglichen.

7. Integrierte Erkennung von Ausreißern, um eine Differenzierung zwischen lebensbedrohlichen Zuständen, Gerät- und Zuleitungsversagen und Fehlmessungen zu ermöglichen.

8. Klare Entscheidungsregeln, um Exportierbarkeit zu gewährleisten und eine retrospektive Analyse und Parameterkorrektur zu ermöglichen.

Derzeitige Alarmsysteme in der Intensivmedizin haben eine Fehlalarmrate von 70% bis 99,5%, und zwar in Abhängigkeit von der überwachten physiologischen Größe. Die hohe Fehlalarmrate führt zur Desensibilisierung des Überwachungspersonals und zur häufigen manuellen Alarmdeaktivierung. Die bekannten Alarmsysteme werden ausgelöst, wenn die zu überwachende Größe voreingestellte obere bzw. untere Grenzen überschreitet. Derartige Alarmsysteme werden als Schwellenwertalarmsysteme bezeichnet. Um die Fehlalarmrate zu senken muß die obere Grenze eher hoch und die untere Grenze eher niedrig gewählt werden, was bei alarmwürdigen Situationen allerdings unvermeidlich zu größeren Zeitverzögerungen führt. Außerdem entspricht solch ein Alles-oder-Nichts-System nicht der ISO-Norm, die ein abgestuftes Alarmierungssystem mit verschiedenen Warnungseinteilungen vorschlägt.

Bei dem bekannten Schwellenalarmsystem wird für ein fluktuierendes Signal eine obere und eine untere Schwelle vorgegeben, wobei, wenn sich das Signal aus dem von den Schwellenwerten definierten Intervall bewegt, ein Alarm ausgelöst wird. Der Schwellenwertalarm hat folgende Nachteile. Er ist instabil gegenüber Ausreißern. Er ist nicht adaptiv, d. h. Grenzen müssen per Hand eingestellt und, insbesondere bei einem Signal mit einer Drift, z. B. verursacht durch eine zeitli-

che Änderung der Detektorempfindlichkeit, permanent nachgestellt werden. Werden die Grenzen des Schwellenwertalarms zu weit eingestellt, kommt es zu langen Verzögerungszeiten, bis ein Alarm erkannt wird. Bei zu engen Grenzen treten dagegen häufig Fehlalarme auf. Daher wird in der Praxis ein sog. „Grenzenspagat" beziehungsweise eine Option, wie zum Beispiel „all alarms off for two minutes", eingestellt. Ferner ist das Schwellenwertalarmsystem nicht für den Fall geeignet, daß eine Vielzahl von Signalen durch ein Alarmsystem überwacht werden muß.

Zum Stand der Technik wird auf die Patentschrift DE 35 23 232 C2 verwiesen. Aus dieser Druckschrift ist ein Feueralarmsystem zum Ermitteln und Abgeben eines einer Änderung in einer physikalischen Erscheinung der Umgebungsverhältnisse entsprechenden analogen Wertes bekannt. Dabei sind eine Abtasteinrichtung zum Abtasten eines aus einem Ermittlungsabschnitt abgegebenen analogen Erfassungssignals innerhalb einer bestimmten Zeitspanne, eine Datenverarbeitungseinrichtung zur Bildung eines Mittelwertes aus den Abtastdaten, sowie eine Speichereinrichtung, in der diese Abtastdaten speicherbar sind und eine Alarmeinrichtung, die das Vorliegen eines Feuers nach Auswertung des Mittelwerts anzeigt, vorgesehen. Charakteristischerweise ist die Datenverarbeitungseinrichtung derart ausgebildet, daß die Abtastdaten sequentiell in die Speichereinrichtung eingeschrieben werden, und aus einer bestimmten Zahl der zuletzt gespeicherten Abtastdaten wird fortlaufend ein gleitender Mittelwert gebildet, wobei jeweils der in der Sequenz älteste Abtastdaten-Speicherwert durch den neuesten ersetzt wird.

Ferner ist aus der DE 31 27 324 A1 ein Verfahren und eine Anordnung zur Erhöhung der Ansprechempfindlichkeit und der Störsicherheit in einer Gefahren-, insbesondere Brandmeldeanlage, bekannt.

Aus beiden oben genannten Druckschriften ist insbesondere nicht bekannt, einen Streuparameter aus den aufeinanderfolgenden Meßwerten zu berechnen, so daß das zur Alarmauslösung dienende Verfahren adaptiv, und somit lernfähig, ist. Daher sind die obigen Verfahren nicht in der Lage sich beispielsweise einer zeitlichen Änderung der Detektorempfindlichkeit anzupassen.

Schließlich betrifft die DE 44 17 574 C2 eine Patientenalarmerfassung unter Verwendung eines Zielmodus. Bei diesem Verfahren werden bei einer beabsich-

tigten Änderung eines physiologischen Parameters eines Patienten dynamische Grenzen definiert und dann ein Alarm erzeugt, wenn die gemessenen Parameterwerte außerhalb der dynamischen Grenzen liegen. Diese Druckschrift offenbart daher lediglich eine Variante des an sich bekannten Schwellenalarms.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden, und insbesondere ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß gegenüber dem Stand der Technik eine "Alarmsituation" schneller und mit einer geringeren Fehlalarmrate erkannt wird.

Die Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Hinsicht dadurch gelöst, daß in einem ersten Schritt für zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte in einem einstellbaren Zeitfenster deren Mittelwert und die entsprechende Streuung dieser Meßsignalwerte von dem Mittelwert berechnet wird, daß in einem zweiten Schritt jeder weitere nachfolgende Meßsignalwert zur Gewinnung einer jeweiligen Bewertungsgröße mit dem Mittelwert verglichen und mit der Streuung gewichtet wird, und daß in einem dritten Schritt bei einer einen einstellbaren Ausreißerparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein Ausreißerzustand detektiert wird, während bei einer einen einstellbaren Alarmparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein das Vorliegen eines signifikanten Drifts oder Sprungs der Meßsignalwerte indizierender Alarmzustand detektiert wird.

Mithin wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zwischen zwei Phasen unterschieden, wobei in einer ersten Phase ein Zeitfenster bereitgestellt wird, in dem der charakteristische Verlauf der darin erfaßten Meßsignalwerte ausgewertet wird, wobei der statistische Mittelwert und die Fluktuationsbreite der erfaßten Meßsignalwerte um diesen Mittelwert ermittelt wird. In der zweiten Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die aktuell empfangenen Meßsignalwerte mit dem Mittelwert und der die Fluktuationsbreite repräsentierenden Streuung verglichen, wobei die dabei ermittelte Bewertungsgröße ein Maß für das Vorliegen einer signifikanten Drift darstellt. Indem in diese so gewonnene Bewertungsgröße die zeitliche Entwicklung der in dem Zeitfenster erfaßten Meßsignalwerte eingeht, ergibt sich insgesamt ein höherer Zuverlässigkeitsgrad bei der Erkennung von Alarmzuständen gegenüber Verfahren nach dem Stand der Technik, so daß sich mithin eine geringere Fehlalarmrate erzielen läßt. Dies beruht insbesondere auf der automatischen Nachführung der Intervallgrenzen. Durch die auf-

grund des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehene Unterscheidung zwischen, zu Verfälschungen und/oder Fehlalarmen führenden, Ausreißerzuständen und Alarmzuständen wird bei intensivmedizinischen Anwendungen eine Differenzierung zwischen lebensbedrohlichen Zuständen einerseits und zu Fehlmessungen führenden Geräte- oder Zuleitungsversagen andererseits ermöglicht, was zu einer weiteren Reduktion der Fehlalarmrate führt.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß eine on-line Erkennung von Ausreißern vorgesehen wird. Ferner ist vorteilhaft, daß das erfindungsgemäße Verfahren adaptiv ist, d. h. beispielsweise nur physiologische Grenzen voreingestellt werden müssen. Ferner können erfindungsgemäß Driften und/oder Sprünge automatisch erkannt werden. Schließlich weist das erfindungsgemäße Verfahren lediglich eine kurze Verzögerungszeit auf.

Um eine hohe Rechengeschwindigkeit zu erzielen, wird die Bewertungsgröße durch Differenzbildung zwischen dem Meßsignalwert und dem berechneten Mittelwert mit anschließender Normierung der Differenz ermittelt. Dabei wird die Wichtung der Bewertungsgröße durch eine Divisionsbildung aus der normierten Differenz zwischen dem Meßsignalwert und dem Mittelwert mit der berechneten Streuung vorgenommen.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Ausreißerzustand detektiert, wenn die mit der berechneten Streuung gewichtete normierte Differenz zwischen Meßsignalwert und Mittelwert den eingestellten Ausreißerparameter übersteigt. Hingegen wird ein Alarmzustand detektiert, wenn die mit der berechneten Streuung gewichtete normierte Differenz zwischen Meßsignalwert und Mittelwert den eingestellten Alarmparameter übersteigt.

Um Meßfehler, die beispielsweise durch gerätetechnisches Versagen oder meßtechnische Artefakte zustandekommen, zu eliminieren, wird bei Auftreten eines Ausreißerzustands der entsprechende Meßsignalwert durch den aktuellen, in dem zeitversetzten Fenster berechneten, Mittelwert ersetzt und der nächstfolgende Meßsignalwert bearbeitet.

Alternativ dazu kann auch eine anders geartete Ersetzung vorgenommen werden, welche insbesondere aus statistischen Gründen bevorzugt ist. Es kann bei-

spielsweise ein Rauschen addiert werden oder eine sonstige Imputation durchgeführt werden. Dabei kann der Ausreißerwert insbesondere durch einen Mittelwert plus addierter Zufallszahl, welche einer Wahrscheinlichkeitsverteilung entstammt, ersetzt werden. Schließlich kann ein derartiger verfälschender bzw. verfälschter Meßwert für die weitere Berechnung auch einfach ignoriert werden.

Als zweckmäßig hat sich erwiesen, wenn der Mittelwert der aufeinanderfolgenden Meßsignalwerte aus der Summation der einzelnen Meßsignalwerte gebildet wird, wobei die Anzahl der Summationsschritte durch die Breite des Zeitfensters bestimmt wird. Dabei wird als Streuung die Standardabweichung zugrundegelegt, wobei die Anzahl der Summationsschritte durch die Breite des Zeitfensters bestimmt wird.

Eine in rechentechnischer Hinsicht besonders vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß mittels einer Zeitverzögerung eine Positionierung des Zeitfensters vorgenommen wird, um auch kleine Steigungen im zeitlichen Verlauf der erfaßten Meßgröße erkennen zu können, so daß sich auch Langzeitdrifts durch ein entsprechend weit entferntes, verzögertes Fenster (delayed moving window) erfassen lassen. Ebenso können auch kurzzeitige Driften bei entsprechend nahem, verzögertem Fenster (delayed moving window) erkannt werden.

Um eine Unterscheidung zwischen auftretenden Ausreißerzuständen und Alarmzuständen zu erleichtern, wird der Ausreißerparameter auf einen höheren Wert als der Alarmparameter gesetzt.

Es hat sich als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn die Breite des Zeitfensters vorzugsweise auf 10 zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte festgelegt wird und der Ausreißerparameter auf 6 und der Alarmparameter auf 3 festgelegt wird.

In vorrichtungstechnischer Hinsicht wird die oben angegebene Aufgabe bei einer Vorrichtung mit einer Meßwerterfassungseinrichtung zum Empfang von Meßwertsignalen und einer Meßwertübertragungseinrichtung zur Wandlung und Verarbeitung der empfangenen Meßwertsignale sowie einer bei Überschreiten eines Grenzwerts auslösbaren Alarmeinrichtung dadurch gelöst, daß zur Erfassung der Meßsignalwerte in einem nach Breite und Zeitverzögerung einstellbaren Zeitfen-

ster eine Speichereinrichtung vorgesehen ist, daß in einer Initialisierungsphase für zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte in dem einstellbaren Zeitfenster Berechnungsmittel zur Berechnung der Mittelwerte und der entsprechenden Streuungen vorgesehen sind und daß in einer Prozeßphase für die Gewinnung einer Bewertungsgröße eine Prozessoreinrichtung vorgesehen ist, die bei einer einen einstellbaren Alarmparameter überschreitenden Bewertungsgröße die Alarmeinrichtung betätigt.

Durch Zusammenwirken der einzelnen Komponenten sind somit nach Maßgabe einer dadurch gewonnenen Bewertungsgröße Ausreißerzustände und Alarmzustände voneinander unterscheidbar, so daß sich mithin die Fehlalarmrate gegenüber Verfahren nach dem Stand der Technik signifikant reduzieren läßt.

Anhand der beigefügten Zeichnung soll nachstehend eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert werden. In teilweise schematischen Ansichten zeigen:

Fig. 1 ein Flußdiagramm mit den wesentlichen Prozeßschritten des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 ein Meßwertspektrum der zeitlichen Entwicklung einer physiologischen Meßgröße;

Fig. 3a eine stark schematische Darstellung einer Drift;

Fig. 3b eine stark schematische Darstellung eines Sprungs; und

Fig. 3c eine stark schematische Darstellung eines Ausreißers.

Das erfindungsgemäße Verfahren, das vorzugsweise als Softwareprogramm implementiert wird, ist mit seinen wesentlichen Prozeßschritten in einem im ganzen mit 10 bezeichneten Ablaufschema in Fig. 1 veranschaulicht. Während einer Initialisierungsphase 1 wird ein Zeitfenster bereitgestellt, in dem auf einer Länge von i zeitlich aufeinanderfolgenden Schritten für die in dem Zeitfenster erfaßten Meßsignalwerte ein Mittelwert 2 und die dazugehörige Streuung 3 der Meßsignalwerte um diesen Mittelwert errechnet wird. Der Mittelwert wird allerdings nicht aus einer Serie der unmittelbar vorangehenden Meßwerte berechnet, son-

dem aus einem Zeitfenster der Breite ω in der Vergangenheit mit der wählbaren Zeitverzögerung d. Die untere Summationsgrenze für die Ermittlung des Mittelwerts ergibt sich somit aus der Subtraktion n-d-ω, wobei n die Anzahl der ausgeführten Zeitschritte, d die Zeitverzögerung und ω die Fensterbreite bezeichnet. Demgegenüber ergibt sich die obere Summationsgrenze aus der Subtraktion n-d, so daß der Summationsindex i von n-d-ω bis n-d läuft. Die gleichen Summationsgrenzen gelten für die Ermittlung der Streuung 3.

In der eigentlichen Prozeßphase wird in einem Prozeßschritt 4 eine Inkrementierung vorgenommen. In einem weiteren Prozeßschritt 5 wird der in einem bestimmten Zeitschritt erfaßte Meßsignalwert Y_n mit dem in der Initialisierungsphase ermittelten Mittelwert verglichen, indem eine Differenzbildung durchgeführt und diese Differenzbildung mit einer Betragsnormierung versehen wird. Um bei dem Vergleich auch die Streuung mitzuberücksichtigen, wird die betragsnormierte Differenz mit der Streuung gewichtet, indem die Streuung als Divisor einbezogen wird. Die dadurch gewonnene Bewertungsgröße dient als Maß bei der Erkennung von auftretenden Ausreißerzuständen in diesem Prozeßschritt 4. Ist nämlich die für den aktuell erfaßten Meßsignalwert gewonnene Bewertungsgröße größer als ein voreingestellter Ausreißerparameter o (o >0), so ergibt die Abfrage in diesem Prozeßschritt 4, daß ein Ausreißerzustand 6 vorliegt. Der Ausreißerzustand kann für die folgende Berechnung ignoriert oder durch einen "vernünftigen" Wert ersetzt werden. Dazu eignen sich insbesondere Imputationsverfahren. Für diesen Fall kehrt das Ablaufprogramm zur Inkrementierungsanweisung 4 zurück.

Ergibt die Abfrage in dem Block 5 ein negatives Ergebnis, so wird in dem Abfrageblock 7 ermittelt, ob die für den aktuell erfaßten Meßsignalwert gewonnene Bewertungsgröße größer als ein voreingestellter Alarmparameter a ist. Bei einem positiv ermittelten Ergebnis liegt ein Alarmzustand 8 vor. Im Ausführungsbeispiel wird in diesem Fall ein Rücksprung zur Initialisierungsphase vorgenommen, während bei einem negativen Ergebnis ein Rücksprung zur Inkrementierungsanweisung vorgenommen wird. Als Randbedingung bei der Unterscheidung zwischen Ausreißerzuständen und Alarmzuständen wird dem Ausreißerparameter ein höherer Wert als dem Alarmparameter zugewiesen. Durch die Unterscheidung zwischen Ausreißerzuständen und Alarmzuständen wird eine Differenzierung zwischen signifikanten Zuständen und Fehlmessungen erzielt, wobei Fehlmessungen durch Zuleitungsversagen oder meßtechnische Artefakte entstehen können.

Die Erkennung und Eliminierung derartiger Fehlmessungen führt somit zu einer Reduktion von Fehlalarmen.

Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf einer physiologischen Meßgröße. Dabei dient die Abszissenachse als Zeitachse τ_{CP}, während die Ordinatenachse die Amplitude des Meßsignals wiedergibt.

Fig. 3a zeigt eine stark schematische Darstellung einer Drift. Fig. 3b zeigt eine stark schematische Darstellung eines Sprungs. Fig. 3c zeigt eine stark schematische Darstellung eines Ausreißers. Es ist dabei die zeitliche Abhängigkeit eines gemessenen Signals dargestellt.

Zusammenfassend ist für das erfindungsgemäße Verfahren mithin charakteristisch: Die internen Kenngrößen des Algorithmus sind die Fensterbreite ω ($\omega>0$), die Verzögerung d (d>0), die Initialisierungslänge i (i>ω+d), der Ausreißerparameter o (o >0) und der Alarmparameter a (a>0).

Nach einer Initialisierungsphase der Länge von i Zeitschritten wird der jeweils neu gemessene Wert mit einem aus den bisherigen Meßwerten geschätzten Mittelwert samt zugehöriger Streuung (der empirischen Standardabweichung) verglichen - insofern ist der Algorithmus eine natürliche Verallgemeinerung des normalen Schwellenwertalarms, bei dem Mittelwert und Streubreite als bekannt vorausgesetzt werden. Der Mittelwert wird allerdings nicht aus einer Serie der unmittelbar vorangehenden Meßwerte berechnet, sondern aus einem Zeitfenster der Breite ω in der Vergangenheit, mit der wählbaren Zeitverzögerung d. Diese Art der Berechnung umgeht das Problem, daß die zur Schätzung des Mittelwertes und der Streubreite verwendeten Meßwerte bereits abzudriften begonnen haben und damit zu einem erheblichen Bias beitragen, der soweit gehen kann, daß eine genügend langsame Drift überhaupt nicht erkannt wird. Vielmehr ist über die frei wählbare Verzögerung d die Möglichkeit gegeben, den Grenzwinkel derjenigen Steigung zu wählen, die man gerade noch erkennen will. Naturgemäß muß d umso größer gewählt werden, je kleiner die Steigung ist. Jeder neu gemessene Wert wird mit dem aktuellen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren geschätzten Mittelwert folgendermaßen verglichen: liegt der Meßwert mehr als das Produkt aus wählbarem Ausreißerfaktor und Streuung vom geschätzten Mittelwert

entfernt, so wird er als Ausreißer klassifiziert und für weitere Berechnungen durch den aktuellen Mittelwert (plus eine Zufallszahl mit Erwartungswert Null und Streuung entsprechend der geschätzten Streuung) ersetzt. Falls dies nicht der Fall ist, der Meßwert jedoch mehr als das Produkt aus (wählbarem) Alarmfaktor a und Streuung vom geschätzten Mittelwert entfernt liegt, wird ausgegeben, daß eine signifikante Drift vorhanden ist, und zwar je nach Richtung der Abweichung eine Drift nach oben oder unten. In allen anderen Fällen wird keine Meldung ausgegeben. Danach wird der nächste Zeitschritt abgearbeitet. Es ist wählbar, ob nach einem ausgegebenen Alarm neu initialisiert werden soll, unter Umständen mit einer weiteren wählbaren Zeitverzögerung, oder ob ohne neue Initialisierung weitergerechnet werden soll. Die Fensterbreite ω beeinflußt die Schwankungen des geschätzten Mittelwertes - die Schwankungen verringern sich dabei proportional zur Wurzel aus ω.

Für viele Zwecke erweisen sich folgende Werte als günstige Ausgangswerte, die dann optimiert werden können: Fensterbreite ω>10, Ausreißerparameter o=6 und der Alarmparameter a=3. Die berechneten Informationen Ausreißer Ja/Nein, Alarm für Drift nach oben/unten, beziehungsweise keine signifikante Drift können entweder direkt am Bildschirm oder akustisch über vereinbarte Tonsequenzen ausgegeben werden, oder aber am Eingang in ein intelligentes Alarmsystem.

Die Erfindung wurde zuvor anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Für einen Fachmann ist es jedoch offensichtlich, daß verschiedene Abwandlungen und Modifikationen gemacht werden können, ohne von dem der Erfindung zugrundeliegenden Gedanken abzuweichen. Insbesondere sei bemerkt, daß in der vorliegenden Beschreibung unter dem Ausdruck "Lageparameter" insbesondere ein Mittelwert, Median, o.ä. und unter dem Ausdruck "Streuparameter" eine Standardabweichung, Quantil, o.ä. verstanden wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Alarmzustands von über Meßwerterfassungsmittel empfangenen Meßsignalwerten, wobei ein Alarmzustand ausgelöst wird, wenn für einen aktuell empfangenen Meßsignalwert wenigstens ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird,
dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Schritt für zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte in einem einstellbaren Zeitfenster deren Lageparameter (2) und ein entsprechender Streuparameter (3) dieser Meßsignalwerte von dem Lageparameter berechnet wird, daß in einem zweiten Schritt jeder weitere nachfolgende Meßsignalwert zur Gewinnung einer jeweiligen Bewertungsgröße mit dem Lageparameter (2) verglichen und mit dem Streuparameter (3) gewichtet wird, und daß in einem dritten Schritt bei einer einen einstellbaren Ausreißerparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein Ausreißerzustand (6) detektiert wird, während bei einer einen einstellbaren Alarmparameter überschreitenden Bewertungsgröße ein das Vorliegen eines signifikanten Drifts oder Sprungs der Meßsignalwerte indizierender Alarmzustand (8) detektiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewertungsgröße durch Differenzbildung zwischen dem Meßsignalwert und dem berechneten Lageparameter (2) mit anschließender Normierung der Differenz ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wichtung der Bewertungsgröße durch eine Divisionsbildung aus der normierten Differenz zwischen dem Meßsignalwert und dem Lageparameter (2) mit dem berechneten Streuparameter (3) vorgenommen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ausreißerzustand (6) detektiert wird, wenn die mit dem berechneten Streuparameter (3) gewichtete normierte Differenz zwischen Meßsignalwert und Lageparameter (2) den eingestellten Ausreißerparameter übersteigt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß

ein Alarmzustand (8) detektiert wird, wenn die mit dem berechneten Streuparameter (3) gewichtete normierte Differenz zwischen Meßsignalwert und Lageparameter (2) den eingestellten Alarmparameter übersteigt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines Ausreißerzustands (6) der entsprechende Meßsignalwert durch einen Ersatzwert ersetzt wird und der nächstfolgende Meßsignalwert bearbeitet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ersatzwert der aktuelle Lageparameter (2) ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines Ausreißerzustands (6) der entsprechende Meßsignalwert für die weitere Berechnung ausgelassen wird und der nächstfolgende Meßsignalwert bearbeitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Lageparameter der aufeinanderfolgenden Meßsignalwerte aus der Summation der einzelnen Meßsignalwerte gebildet wird, wobei die Anzahl der Summationsschritte durch die Breite des Zeitfensters bestimmt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Streuparameter (3) die Standardabweichung zugrundegelegt wird, wobei die Anzahl der Summationsschritte durch die Breite des Zeitfensters bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mittels einer Zeitverzögerung eine variable Positionierung des Zeitfensters vorgenommen wird.

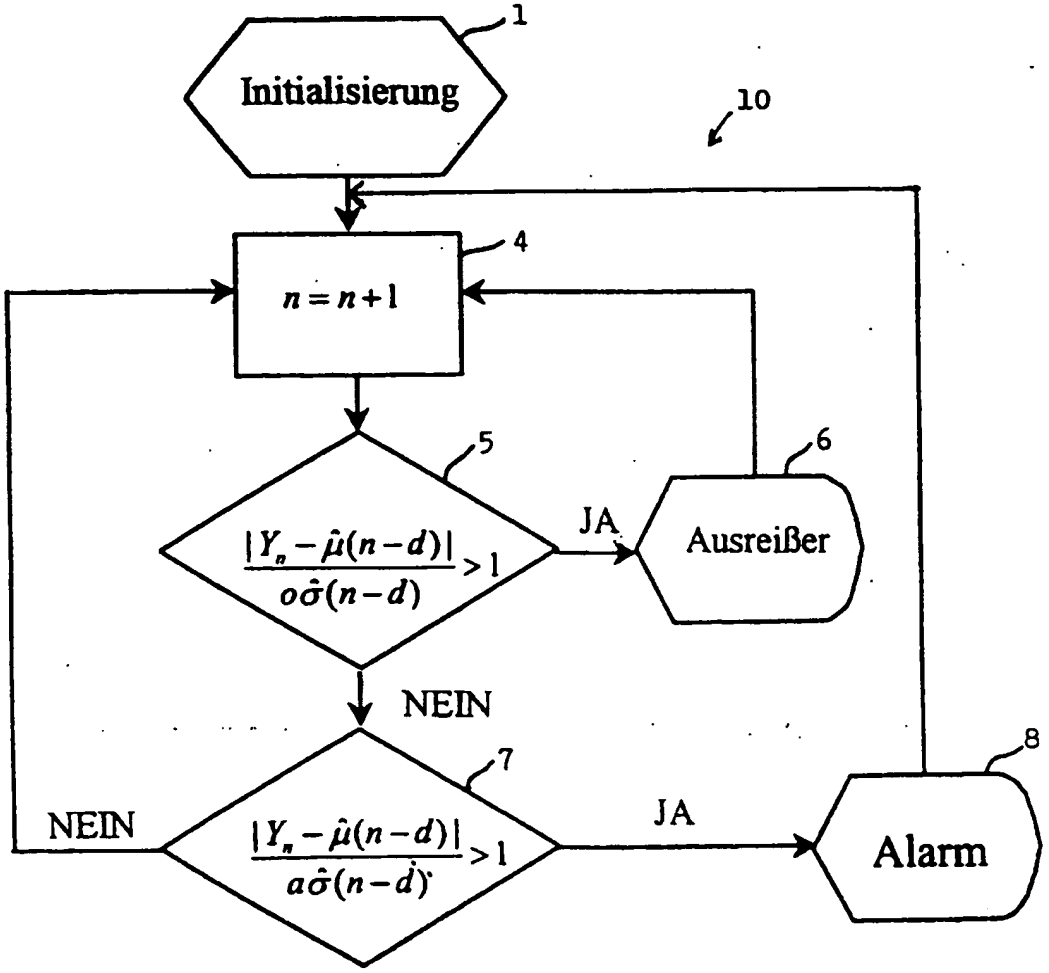
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausreißerparameter auf einen höheren Wert als der Alarmparameter gesetzt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Breite des Zeitfensters vorzugsweise auf zehn zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte festgelegt wird und der Ausreißerparameter auf sechs und der Alarmparameter auf drei festgelegt wird.

14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, mit einer Meßwerterfassungseinrichtung zum Empfang von Meßwertsignalen und einer Meßwertübertragungseinrichtung zur Wandlung und Verarbeitung der empfangenen Meßwertsignale sowie einer bei Überschreiten wenigstens eines Grenzwerts auslösbaren Alarmeinrichtung,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Meßsignalwerte in einem nach Breite und Zeitverzögerung einstellbaren Zeitfenster eine Speichereinrichtung vorgesehen ist, daß für zeitlich aufeinanderfolgende Meßsignalwerte in dem einstellbaren Zeitfenster Berechnungsmittel zur Berechnung der Lageparameter (2) und der entsprechenden Streuungen (3) vorgesehen sind, und daß für die Gewinnung einer Bewertungsgröße eine Prozessoreinrichtung vorgesehen ist, die bei einer einen einstellbaren Alarmparameter überschreitenden Bewertungsgröße die Alarmeinrichtung betätigt.



$$\hat{\mu}(n) = \frac{1}{w}\sum_{i=n-w}^{n} Y_i \qquad 2$$

$$\hat{\sigma}(n) = \sqrt{\frac{1}{w-1}\sum_{i=n-w}^{n}\left(Y_i - \hat{\mu}(n)\right)^2} \qquad 3$$

Fig. 1

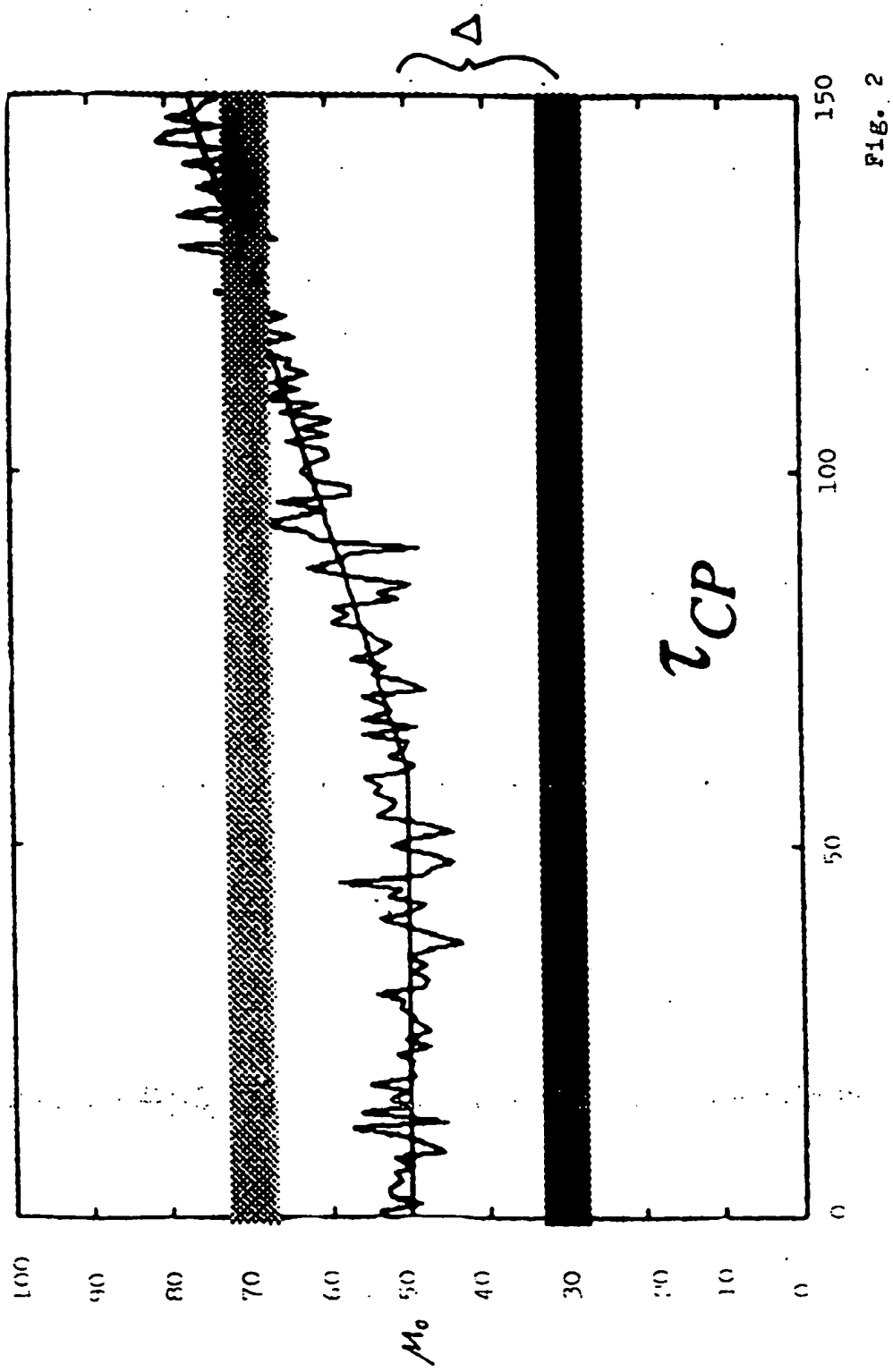


Fig. 2

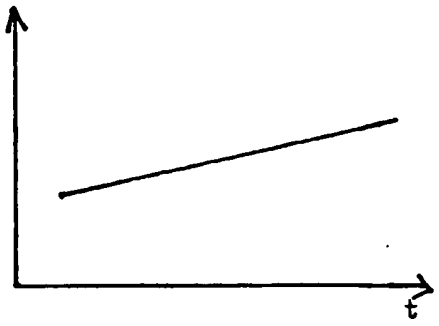


Fig. 3a

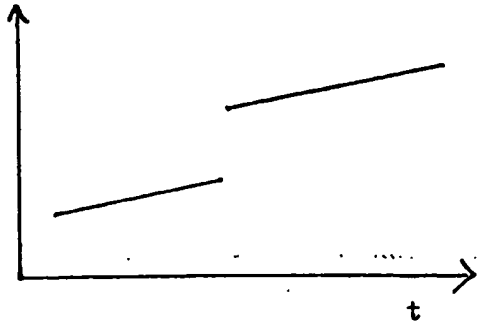


Fig. 3b

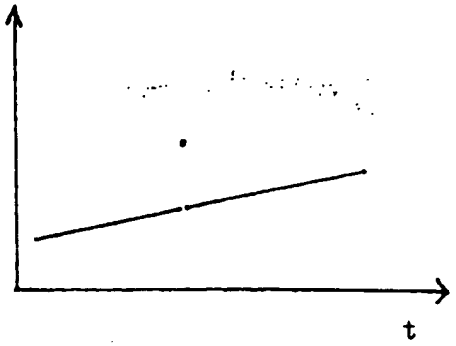


Fig. 3c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intr tional Application No
PCT/DE 99/01820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G08B29/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G08B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 44 17 574 A (HEWLETT PACKARD CO) 16 March 1995 (1995-03-16) cited in the application abstract	1
A	EP 0 070 449 A (SIEMENS AG) 26 January 1983 (1983-01-26) cited in the application abstract	1
A	GB 2 161 966 A (HOCHIKI CO) 22 January 1986 (1986-01-22) cited in the application abstract	1
A	EP 0 248 298 A (CERBERUS AG) 9 December 1987 (1987-12-09) abstract	1

-/—

[X] Further documents are listed in the continuation of box C. [X] Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 October 1999	26/10/1999

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Sgura, S

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intr ional Application No
PCT/DE 99/01820

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 121 048 A (CERBERUS AG) 10 October 1984 (1984-10-10) abstract	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inte Yional Application No
PCT/DE 99/01820

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4417574 A	16-03-1995	US 5464012 A	07-11-1995
		GB 2281781 A,B	15-03-1995
EP 0070449 A	26-01-1983	DE 3127324 A	27-01-1983
		AT 16534 T	15-11-1985
		BR 8203967 A	28-06-1983
		DK 309582 A,B,	11-01-1983
		US 4514720 A	30-04-1985
GB 2161966 A	22-01-1986	JP 1710588 C	11-11-1992
		JP 3076519 B	05-12-1991
		JP 61015300 A	23-01-1986
		AT 195585 A,B	15-10-1993
		AU 583515 B	04-05-1989
		AU 4393885 A	02-01-1986
		CA 1229895 A	01-12-1987
		CH 668495 A	30-12-1988
		DE 3523232 A	09-01-1986
		FI 852535 A,B,	30-12-1985
		SE 469497 B	12-07-1993
		SE 8503170 A	30-12-1985
		US 4644331 A	17-02-1987
EP 0248298 A	09-12-1987	CH 669859 A	14-04-1989
		US 4757303 A	12-07-1988
EP 0121048 A	10-10-1984	CA 1205884 A	10-06-1986
		JP 59168599 A	22-09-1984
		US 4598271 A	01-07-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte onales Aktenzeichen
PCT/DE 99/01820

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G08B29/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G08B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 17 574 A (HEWLETT PACKARD CO) 16. März 1995 (1995-03-16) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1
A	EP 0 070 449 A (SIEMENS AG) 26. Januar 1983 (1983-01-26) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1
A	GB 2 161 966 A (HOCHIKI CO) 22. Januar 1986 (1986-01-22) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1
A	EP 0 248 298 A (CERBERUS AG) 9. Dezember 1987 (1987-12-09) Zusammenfassung	1

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Oktober 1999	26/10/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Sgura, S

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter 'onales Aktenzeichen
PCT/DE 99/01820

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 121 048 A (CERBERUS AG) 10. Oktober 1984 (1984-10-10) Zusammenfassung	1

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 99/01820

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4417574	A	16-03-1995	US	5464012 A	07-11-1995
			GB	2281781 A,B	15-03-1995
EP 0070449	A	26-01-1983	DE	3127324 A	27-01-1983
			AT	16534 T	15-11-1985
			BR	8203967 A	28-06-1983
			DK	309582 A,B,	11-01-1983
			US	4514720 A	30-04-1985
GB 2161966	A	22-01-1986	JP	1710588 C	11-11-1992
			JP	3076519 B	05-12-1991
			JP	61015300 A	23-01-1986
			AT	195585 A,B	15-10-1993
			AU	583515 B	04-05-1989
			AU	4393885 A	02-01-1986
			CA	1229895 A	01-12-1987
			CH	668495 A	30-12-1988
			DE	3523232 A	09-01-1986
			FI	852535 A,B,	30-12-1985
			SE	469497 B	12-07-1993
			SE	8503170 A	30-12-1985
			US	4644331 A	17-02-1987
EP 0248298	A	09-12-1987	CH	669859 A	14-04-1989
			US	4757303 A	12-07-1988
EP 0121048	A	10-10-1984	CA	1205884 A	10-06-1986
			JP	59168599 A	22-09-1984
			US	4598271 A	01-07-1986